

Estimación de la Densidad Poblacional de Guanacos (*Lama guanicoe* Muller)¹

S.L. Saba*, P. Battro**

ABSTRACT

A new estimator of animal populations (here guanaco), derived from transect methods, is proposed. The relevant measure in the field is the perpendicular distance between the individuals and the axis of the transect used. Errors in the estimation of distances are reduced by clustering the accumulated frequencies for each distance. Since the quality of the observation decreases with increasing distance to the transect (> 300 m), the data are corrected by using simple linear equations of the type: $y = a + bx$. The conditions under which the use of this estimator is valid and the utilization of this method on a population of guanaco (*Lama guanicoe* Muller) in southwest Chubut Province, Argentina, is described. Tested under several conditions, a very small sample error was obtained (less than 6%), which suggests that this method is a valid one for estimating animal populations.

COMPENDIO

Se propone un nuevo estimador de abundancia animal, derivado de las técnicas de recuento por transectas. La medida relevante a obtener en el campo es la distancia perpendicular existente entre el (los individuos) y el eje de la transecta utilizada. El error en la estimación de tales distancias se reduce al agrupar las observaciones por frecuencias acumuladas para cada distancia. Se corrige la disminución en la calidad de la observación al aumentar la distancia de detección respecto al eje de la transecta (> 300 m) mediante ecuaciones lineales. Se describen las condiciones bajo las cuales el uso de este estimador es válido y la utilización de esta metodología sobre una población de guanacos (*Lama guanicoe* Muller) existente al sudoeste de la Provincia del Chubut, República Argentina. Puesta a prueba esta metodología, en diferentes ocasiones, se obtuvo un error de muestreo muy bajo (menor al 6%); por tal razón, se considera que tal metodología es una herramienta de gran utilidad para quienes investigan con poblaciones animales.

INTRODUCCION

Como lo dice Eberhardt (4), a través de la recopilación de diversas técnicas para estimación de la abundancia animal realizada por Seber (13), se puede deducir el hecho de que el principal esfuerzo teórico ha sido volcado hacia técnicas basadas en la marcación de individuos (técnicas de captura y recaptura) y —principalmente en pesquerías— en la medición del esfuerzo de captura (“catch effort”). El alto costo de los estudios con animales marcados, combinado con la necesidad de crear métodos que no dependan del manipuleo o extracción de los animales y puedan aplicarse con un mínimo de sustento lógico, condujeron a la necesidad de volcar la imaginación hacia técnicas alternativas. En este sentido, fue notorio el progreso evidenciado en los últimos años en lo

que respecta a los métodos basados en recuentos por transectas (“Transect methods”) (2, 4, 15). Estos fueron desarrollados, primero, para su uso en poblaciones animales, especialmente aves (10, 11). Sin embargo, los antecedentes de uso se remontan a Gross, en el año 1906, de acuerdo al informe de Forbes y Gross (6). De todos modos, la primera técnica de recuentos por transecta coherente con el desarrollo posterior que tuvo esta metodología, fue propuesta por King en un trabajo inédito, de acuerdo a Leopold (11).

Tradicionalmente, se han dividido estas técnicas en dos clases: los recuentos por fajas (“strip transect”) y los recuentos por línea de marcha (“line transect”); se han considerado (3) que los primeros son un caso especial de los segundos y que, en definitiva, la información relevante a ser registrada en el campo proviene de la distancia perpendicular existente entre el objeto de interés y la transecta. Se han propuesto algunas técnicas de corrección de lo que podríamos definir como merma en la calidad de observación (1, 9).

En el guanaco (*Lama guanicoe* Muller), se han utilizado diversos métodos de censo como recuentos por fajas (8) y censos aéreos (7). Se propone aquí una técnica alternativa para corregir la subestimación inducida por la disminución de la calidad de observa-

¹ Recibido para publicación el 16 de julio de 1986

* Licenciado en Zoología. Becario del CONICET Centro Nacional Patagónico 9120 Puerto Madryn, Chubut, Argentina.

** Ingeniero Industrial. Profesional de Apoyo del CONICET Centro Nacional Patagónico 9120 Puerto Madryn, Chubut, Argentina

ción en función de la distancia que se producen en los recuentos por transectas en el guanaco.

MATERIALES Y METODOS

Los datos de observación tomados en el campo se volcaron a planillas que resumen la información referida al número de individuos observados por grupo y a la distancia de los mismos al eje de la huella (x). Con el fin de estandarizar la metodología en la recolección de datos se tomó la distancia mencionada, en el momento a partir del cual los individuos se mostraron afectados por la presencia del observador. Este punto de observación está acotado entre el instante de la primera observación que se hace del grupo y la intersección de x con el eje de la huella.

Este tipo de información se obtuvo a lo largo de un recorrido pre-establecido, el cual debe reunir determinadas características (ver Discusión). El recorrido se repitió en días sucesivos (se recomiendan no menos de tres), respetando un mismo sentido de circulación, hora de iniciación del recuento y personal que interviene.

Luego, se resumieron los datos en forma acumulada para cada día de observación, aumentando el ancho de faja (w) en una unidad apropiada (para guanacos, se considera aconsejable hacerlo de a 200 m, es decir, 100 m cada lado de la huella), obteniéndose de este modo la cantidad de individuos observados entre los 0 y 100 m, 0 y 200 m, 0 y 300 m... y así sucesivamente. Así, se pudo calcular un valor promedio (con su correspondiente desvío estándar) de las observaciones realizadas en los distintos días de censado, para cada ancho de faja.

Representación gráfica de los valores observados

Se dibujó el patrón de dispersión de estos valores en términos de su coeficiente de variabilidad porcentual ($CV\%$) en el eje de ordenadas, mientras que en las abscisas, se trazaron las diferentes distancias respecto al eje de la huella. Se determinó entonces la distancia, a partir de la cual, el CV disminuye y se estabiliza con el fin de determinar con cuál rango de distancia se continúa el análisis con el propósito de obtener información de mayor calidad y confiabilidad.

A partir de los valores acumulados para las distancias comprendidas en el rango a utilizar, se obtuvo una recta de regresión para cada día. Se obtiene otra recta teórica bajo las siguientes premisas:

— En el menor ancho de faja elegido (w_1), existe una $g(x) = 1$ para todo $0 \leq x \leq w$.

— Los grupos de individuos tienen la misma posibilidad de ocupar cualquier punto del área, en un instante dado.

— Estas dos razones permiten suponer que la cantidad de individuos contados hasta los 300 metros de distancia, debe corresponder a la mitad de los existentes dentro de la faja de 1 200 metros de ancho (equivalentes a una distancia de observación de hasta 600 m) a un tercio de la de 1 800 m y así sucesivamente, por lo que las rectas tendrán por ecuación $y = bx$ pues la recta interseca el origen de las coordenadas.

Se define la merma en la calidad de observación como la diferencia existente entre la recta teórica así obtenida y la construida; a partir de los datos reales provenientes de las observaciones realizadas en el campo para cada día, se calculó una serie de coeficientes de ajuste, de acuerdo a la siguiente ecuación que deriva del cociente entre ambas rectas:

$$C_i = \frac{b_t X_i}{a_{obs} + b_{obs} X_i}$$

Donde: b_t = Pendiente de la recta teórica
 a_{obs} = Intersección con el eje de ordenadas de la recta a la que ajustan los valores observados.

b_{obs} = Pendiente de la recta a la que ajustan los valores observados.

X_i = Distancia de observación (la que determina un ancho de faja).

C_i = Coeficiente de corrección para la distancia X_i .

Con estos coeficientes, se corrigieron los valores provenientes de las observaciones de campo. Al conocer la longitud del recorrido utilizado para los recuentos, fue posible expresar los valores corregidos en términos de densidad, obteniéndose así diferentes estimaciones de la población total para los distintos anchos de faja. A partir de aquí, se calcularon los parámetros de esta nueva distribución de medidas, es decir, la media y el desvío estándar. Se dedujo el error estándar de la media (S_m), para expresar la estimación final del N poblacional como $\bar{X} \pm t S_m$, siendo aconsejable usar valores de t no mayores de 0.05 (intervalos de confianza al 95%).

Area de estudio

El área de estudio donde se aplicó esta metodología está ubicada a los $44^\circ 30' S$ y $70^\circ 30' W$, estable-

ciendo "Don Carlos", cercano a la localidad de Nueva Lubecka, departamento Tehuelches, provincia del Chubut, República Argentina. Se trata de un potrero de pastoreo de 64 km². En el potrero se distinguen tres zonas bien diferenciadas:

A₁ Valle fluvial del arroyo Genoa. Superficie: 10.98 km².

A₂ Escoriales basálticos (pedreros) y cono de erupción del cerro Shequen. El conjunto cubre una superficie aproximada a los 14 km².

B Terrazas aluviales, sin influencia fluvial, con una superficie de 39 km². Las mismas se presentan en dos niveles.

En el valle, la oferta de forraje es alta y hay aguas permanentes. En la zona de terrazas predomina la estepa subarbutiva con coirones (*Stipa* sp, *Festuca pallescens*) y otras gramíneas. Los pedreros del Shequen presentan una superficie muy accidentada y recortada por cárcavas de diversa profundidad. Representan también un buen refugio para los guanacos pues ofrece múltiples vías de escape

El área de estudio se dividió en dos grandes unidades (A y B) en función de las condiciones de visibilidad que presentan. En la Zona A, se puede hacer un recuento directo (total) de los individuos presentes. En A₁ el relevamiento se realiza desde la cima del cerro Shequen con la ayuda de un telescopio y prismáticos. En A₂ se pueden visualizar todos los individuos existentes, debido a que la huella utilizada para el recuento recorre la totalidad del valle con una diferencia de nivel de 10 m, aproximadamente. En cambio, en B se ha utilizado la metodología que se propone en este trabajo, pues reúne las condiciones que se plantean en la discusión.

RESULTADOS

En la Fig. 1 se presentan los promedios acumulados de individuos detectados en los tres días de recuentos, junto a una expresión de la dispersión de estos tres valores (coeficiente de variabilidad porcentual). Entonces se decidió trabajar con las distancias comprendidas entre los 300 y 800 m a partir del eje de la transecta. Los datos correspondientes a cada uno de los días de recuento se ajustaron a una función lineal del tipo $y = a + bx$, de donde se obtuvo:

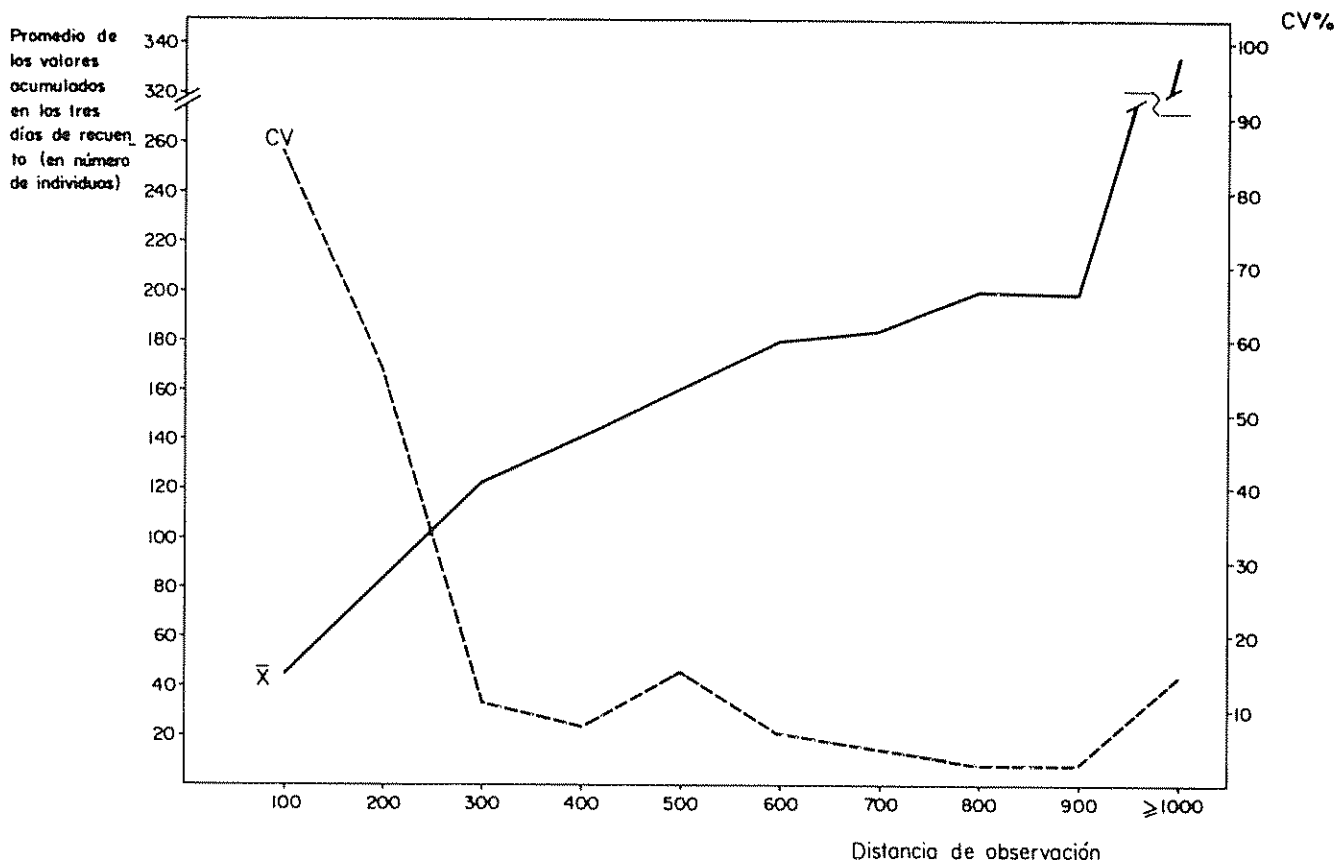


Fig 1 Promedio y coeficiente de variabilidad del acumulado de las observaciones realizadas en los tres días de censo para cada distancia.

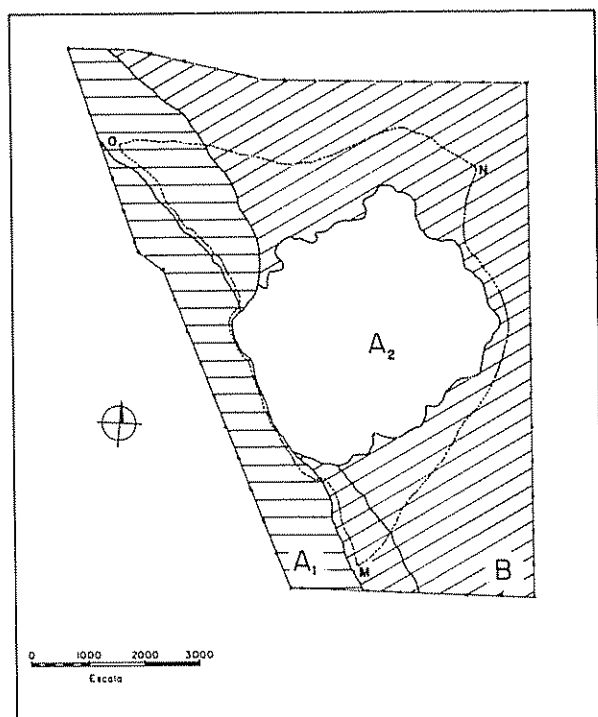


Fig. 2. AREA DE ESTUDIO A1: Valle fluvial del Arroyo Genoa; A2: pedrero de basalto del cerro Shequen; B: terrazas aluviales sin influencia fluvial. En A1 y A2 se realizó conteo directo. En B, se aplicó la metodología aquí propuesta.

$$\text{Día 1: } y = 70.41 + 0.15x \quad (r = 0.9678)$$

$$\text{Día 2: } y = 87.30 + 0.15x \quad (r = 0.9873)$$

$$\text{Día 3: } y = 117.66 + 0.11x \quad (r = 0.9392)$$

Por otra parte, se elaboró una recta teórica para cada día de acuerdo a las premisas planteadas en párrafos anteriores). Las pendientes de estas rectas son las siguientes:

$$\text{Día 1: } y = 0.39x$$

$$\text{Día 2: } y = 0.44x$$

$$\text{Día 3: } y = 0.50x$$

Cuadro 1. Estimaciones de abundancia de individuos en el área B, para cada ancho de faja, luego de corregir las observaciones realizadas en el campo mediante el método que se propone en este trabajo.

	Distancias						\bar{X}	S
	300	400	500	600	700	800		
Día 1	359.81	318.09	310.52	354.77	335.76	314.03	332.16	21.37
Día 2	377.36	378.48	403.27	395.47	380.82	381.38	386.13	10.65
Día 3	441.72	411.72	462.14	460.91	434.89	439.97	440.39	19.17

Del cociente de ambas rectas (teórica y observada), para cada día de observación, se dedujeron los coeficientes de correlación para cada distancia. Los datos corregidos se transformaron en estimaciones de abundancia para cada ancho de faja (Cuadro 1). En el Cuadro 2 se complementan estas estimaciones con las obtenidas para los mismos días en A. En definitiva, se obtuvieron tres estimaciones del N poblacional para ese momento. Un "test" de la F máxima (14) revela que las tres S^2 pueden ser consideradas estimaciones de una misma varianza por lo que se concluye que la población bajo estudio contaba, en esos días, con 564.86 individuos con un desvío estándar de 17.06 (C.V. % = 3.02). Los límites de confianza de la media, con un 95% de probabilidades, son ± 31.32 individuos.

DISCUSION

La eficiencia de esta metodología se puede medir a través de dos referencias que cabe destacar. Por una parte, la correlación negativa muy próxima a -1 (-0.999) entre los valores medios obtenidos en B y los provenientes del recuento total realizado en A (donde, tanto A1 como A2, reúnen las mismas condiciones de visibilidad). Por otra parte, estos datos son originarios de una campaña prereproductiva (setiembre de 1984); tras la estación reproductiva (que en esta área ocurre entre los últimos días de noviembre hasta fines de febrero) se realizó otra campaña en la que se aplicó la misma técnica. En marzo de 1985, se encontró una población de 601.74 ± 27.47 individuos ($X \pm t_{0.05} \cdot S_m$), lo que indica un incremento del orden de los 40 individuos, cifra coincidente en magnitud con el número de "chulengos" (crias del guanaco) contados en esta última fecha. En esta población, la natalidad es prácticamente la única causa de incremento poblacional al no existir movimientos migratorios en esta área, tal como lo indica el relevamiento realizado en toda la periferia (4). La aplicación de la técnica de censado aquí propuesta, en la estación reproductiva 1985-1986, arroja resultados igualmente satisfactorios puesto que los límites de confianza de la media, jamás han superado el 6% del valor de ésta.

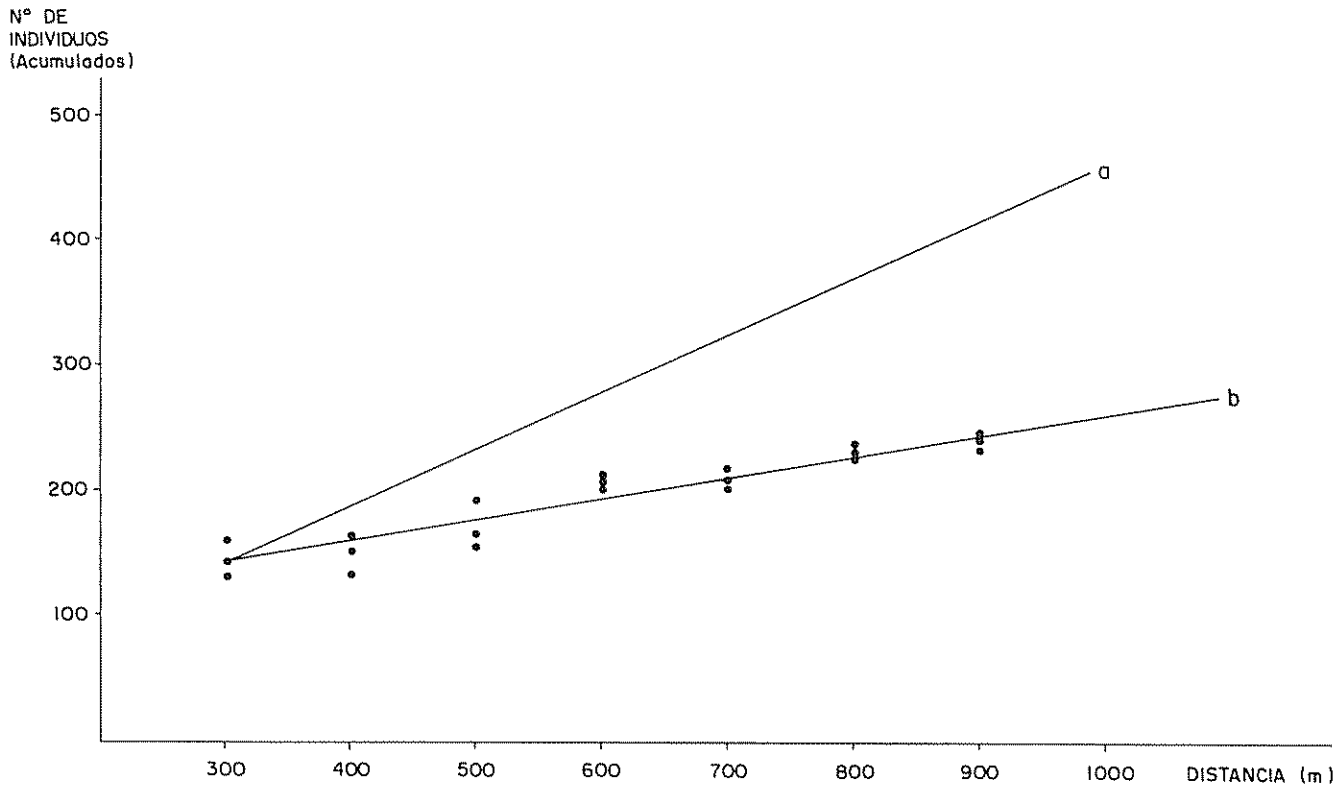


Fig. 3 Ejemplo de construcción de las rectas teóricas (a) y observada (b). Los datos corresponden a un día de censos. Los puntos llenos simbolizan el número de individuos (acumulados) observados para cada día de recuento.

La metodología aquí propuesta, exige plantear una serie de hipótesis que deben ser consideradas previamente y que consisten en:

Hipótesis referidas al área de estudio

- La vegetación predominante en la zona tiene características tales, en lo que respecta a su altura y densidad, que actúan uniformemente sobre la visi-

bilidad para cada ancho de faja, en toda la extensión del recorrido

- La topografía del terreno, con respecto a la presencia de lomadas, cañadones, etc., induce condiciones de visibilidad semejantes a las planteadas por la hipótesis anterior.
- Las características del recorrido a utilizar son tales que minimizan la probabilidad de que un individuo sea contado más de una vez.

Cuadro 2. Abundancia total de individuos, global y por sectores, en el área de estudio.

	Ambientes				Total	
	A			B	\bar{X}	S ²
	A ₁	A ₂	Total A			
Día 1	160	77	237	331.16	569.16	456.68
Día 2	113	65	178	386.18	564.13	113.42
Día 3	68	52	120	440.39	560.39	367.49

Hipótesis referidas a los individuos

- En un instante dado, los grupos tienen las mismas probabilidades de ocupar cualquier punto del área.
- No existen migraciones en el intervalo de tiempo comprendido entre el primer día de censo y el último.
- En igual manera, en el transcurso de este intervalo, no existe ni un pulso de nacimiento ni de mortalidad.
- Los individuos a censar tienen una conspicuidad tal que permite su recuento con un 100% de eficiencia, a la menor distancia utilizada en el análisis.
- Ante la presencia del observador, la respuesta comportamental de los individuos no varía con la edad, sexo, etc.
- La respuesta comportamental de la población bajo estudio no cambia significativamente en el transcurso de un día de recuento.

En líneas generales, estas hipótesis son coincidentes, con las subyacentes en todo recuento por transectas. Las diferencias entre los métodos de transecta usuales y el aquí propuesto son más profundas en lo referente al diseño del muestreo, razón por la cual no se debe pretender encuadrar esta técnica en el marco de la clasificación de métodos de transecta realizada por Eberhardt (3). La utilización de la técnica que se propone en este trabajo para el recuento de animales en poblaciones silvestres de otras especies de camélidos sudamericanos, podrá evidenciar su eficiencia verdadera.

LITERATURA CITADA

- 1 ANDERSON, D.R.; POSPAHALA, R.S. 1970. Correction of bias in belt transect studies of immobile objects. *Journal of Wildlife Management* 45(1): 141-146
- 2 BURNHAM, K.P. 1979. A parametric generalization of the Hayne estimator for line transect sampling. *Biometrics* 35:587-595
- 3 BURNHAM, K.P.; ANDERSON, D.R. 1984. The need for distance data in transect counts. *Journal of Wildlife Management* 48(4):1 248-1 254
- 4 DE LAMO, D.; GARRIDO, J.L.; KOVACS, Z. 1982. Población y parámetros reproductivos del guanaco (*Lama guanicoe* Muller - Camelidae, Mammalia). Centro Nacional Patagónico. Contribución No. 64 14 p
- 5 EBERHARDT, L.L. 1978. Transect methods for population studies. *Journal of Wildlife Management* 42(1):1-31.
- 6 FORBES, S.A.; GROSS, A.L. 1921. The orchard birds of an Illinois summer. III. *Natural History Survey Bulletin* 14:1-8
- 7 GADER, y DEL VALLE, H. 1982. Relevamiento aéreo de guanacos en el Departamento Collán Curá. Dirección General de Recursos Faunísticos. Dirección de Ecología Animal. Neuquén. República Argentina. 42 p.
- 8 GARRIDO, J.L.; AMAYA, J.; KOVACS, Z. 1980. Relevamiento de las poblaciones de guanaco (*Lama guanicoe* Muller) de la provincia del Chubut. Resultado de tres años de recuentos. Programa Ecología Zonas Áridas. CONICET-INTA-OEA. 14 p
- 9 GATES, C.H.; MARSHALL, W.H.; OLSON, D.P. 1968. Line transect method of estimating group population densities. *Biometrics* 24(1):135-145.
- 10 HAYNE, D.W. 1949. An examination of the strip census method for estimating animal populations. *Journal of Wildlife Management* 13(2):145-157.
- 11 LEOPOLD, A. 1933. *Game management*. Charles Scribners Sons. New York.
- 12 RAEDEKE, K.J. 1979. Population dynamics and socioecology of the guanaco (*Lama guanicoe*) of Magallanes, Chile. Tesis doctoral University of Washington 406 p
- 13 SEBER, G.A.F. 1973. The estimation of animal abundance and related parameters. Griffin Eds London. 506 p
- 14 SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. 1981. *Biometry. The principles and practice of statistics in biological research* 2nd. San Francisco, W.H. Freeman, 859 p.
- 15 YAPP, W.B. 1956. The theory of line transects. *Bird Study* 3(2):93-104.